Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster - Westf.

Über den Einfluß von Silbernitrat und Sublimat auf die Vergärung von Glukose durch verschiedene Hefen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von
Heinrich Mäder, Zahnarzt
aus Herford / Westf.

Gedruckt in der Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Meinen lieben Eltern!

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dekan
Professor Dr. K. W. Jötten

1936

Referent
Privatdozent Dr. med. et phil.
W. Haarmann

In einer Arbeit über Hefegifte stellte Schulz [1]) den Satz auf, daß auf jede Zelle, wie auch auf jede Zellgruppe durch einen Reiz eine Vermehrung oder Verminderung ihrer physiologischen Leistungen hervorgerufen würde, entsprechend der Intensität des Reizes. Er prüfte die Anwendbarkeit dieses Satzes für die Pflanzenzelle und für die Zelle des Tieres. Er beobachtete in seinen Versuchen, daß gewisse Konzentrationen einen Gleichgewichtszustand bedingen, wobei die Gärung mit Zusatz von Hefegiften in derselben Weise vor sich geht wie die normale. Untersucht wurden Sublimat, Jod, Brom, arsenige Säure, Chromsäure, Salizylsäure (als Natronsalz) und Ameisensäure. Schulz wählte sich z. B. Sublimat aus, weil Sublimat, $HgCl_2$, schon in geringer Menge dem Protoplasma feindlich gegenüber steht und ihm der Versuch mit diesen Giften besonders aussichtsreich zu werden schien. Einmal kam eine deutliche Steigerung in der Hefetätigkeit unter dem Einfluß von kleinen Sublimatmengen — 1 : 500000—1 : 700000 in der Nährflüssigkeit — zustande. In anderen Versuchen fand er die Eigentümlichkeit, daß bei zunehmender Verdünnung des Sublimats eine Art Gleichgewicht zwischen Hefe und Gift entwickelt wurde. Bei besonders starker Einwirkung des Giftes kam dann schließlich eine Ermüdung der Hefe zustande. Das Endergebnis seiner Versuche mit Sublimat zeigte, daß Sublimat die Fähigkeit besitzt, bei geringen, weit getriebenen Verdünnungen die Tätigkeit der Hefe auf kürzere oder längere Zeit über die Norm zu steigern. Wenn Schulz den Satz prägt: jeder Reiz übe auf jegliche lebende Zelle eine Wirkung aus, deren Effekt hinsichtlich der Zelltätigkeit umgekehrt proportional sei der Intensität des Reizes, so besteht für ihn natürlich auch für jeden einzelnen Fall eine gewisse Einschränkung; denn die Zelle, die eine geringe Widerstangsfähigkeit besitzt, erliegt eher der starken Reizeinwirkung, läßt aber bei herabgesetztem Reiz eine Vermehrung ihrer Tätigkeit erkennen als die normale, die ganz unberührt bleibt.

[1]) Schulz: Pflügers Arch. 42, 517, 1888.

Birnacki[2]) unternahm Versuche, um die Einwirkung kleiner Dosen von Antisepticis auf die Alkoholgärung festzustellen. 14 Stoffe wählte er, 6 — Sublimat, Kupfersulfat, Kalium permanganat, Brom, Schwefel und Borsäure — gehörten der anorganischen Gruppe an, die übrigen 8 — Chloralhydrat, Chininsulfat, Thymol, Benzoe- und Salizylsäure, Phenol, Resorcin und Pyrogallol — der organischen. Sublimat war das stärkste Gift für die Hefe, während Chloral das schwächste war. Im allgemeinen ließen die Versuche erkennen, daß in Anwesenheit von gewissen Konzentrationen der antiseptischen Stoffe, die Birnacki benutzte, die Gärung beschleunigt wurde. Je schwächer aber die Konzentration der antiseptischen Stoffe war, desto geringer war der Einfluß, sodaß schließlich bei einem gewissen Minimum die Beschleunigung aufgehoben wurde und die Gärung der Hefe garnicht beeinflußt zu sein schien. Die tötenden Dosen, wie die, die einen beschleunigenden Einfluß ausübten, waren bei jedem untersuchten antiseptischen Stoff verschieden. Während z. B. Salizylsäure in niedriger Verdünnung schon seinen Einfluß auf die Gärung bemerkbar machte, fing Sublimat erst in viel höheren Verdünnungen an, die Gärung zu beschleunigen,

Auch bei anderen Fermenten wurde diese Eigentümlichkeit beobachtet. So können nach Popoff[3]) kleine Mengen Strychnin die Sumpfgasgärung, die ja die Lebenstätigkeit bestimmter Pilze verursacht, verstärken und großen Dosen desselben Stoffes die Sumpfgasgärung vollkommen aufheben.

Man erklärt sich die Tatsache, daß kleine Mengen bestimmter Desinfektionsmittel — zu denen auch Sublimat gehört — den Organismus einer Zelle reizen, große Dosen die Tätigkeit der Zelle aber aufheben oder hemmen, durch einen bestimmten Mechanismus: man denkt sich, daß in einer Hefezelle ein Produkt gebildet wird, das aus einer chemischen Reaktion zwischen den Bestandteilen der Hefezelle und dem Desinfektionsmittel entsteht. Ist dies Produkt nun in der Zelle sehr groß, was bei starker Gifteinwirkung ja erklärlich erscheint, so wird der Organismus der Zelle vollkommen verändert und verliert seine Lebenstätigkeit. Ist jedoch die Gifteinwirkung sehr klein, so bedeutet sie für die Zelle einen Reiz, der ihre Tätigkeit verstärkt.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, den Einfluß von Silbernitrat und Sublimat auf die Vergärung von Glukose durch verschiedene Hefen zu prüfen. Verwendet wurden eine

---

[2]) Birnacki: Pflügers Arch. 49, 112, 1891.
[3]) Popoff: Pflügers Arch. 10, 113, 1875.

Bäckerhefe des Handels, untergärige Hefe der Germaniabrauerei in Münster / Westf. und Hefe der Westfalia-Brauerei zu Münster. Glukose diente als Kohlenhydratquelle und ihre Konzentration betrug 10%. Die Konzentration der Hefe betrug 10% bzw. 1%. Die Konzentration der Stoffe, die zu untersuchen waren, finden wir in den Tabellen angegeben; sie bezieht sich auf das Kation und nicht auf das Metallsalz. Als Suspensionsflüssigkeit benutzten wir Phosphatpufferlösungen.

1. primäre Natriumphosphatpufferlösung $P_H = 4{,}5$, m/75
2. sekundäre „ $P_H = 8{,}3$, m/75.

Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt und dauerten 4 Stunden bei 10% Hefegehalt und 20 Stunden bei 1% Hefegehalt. Die Hefegärung wurde mit 10 ccm 15%iger Bleiacetatlösung unterbrochen. Monobromessigsäure 1 : 1000 wurde der Bleiacetatlösung zugesetzt, da Bleiacetat die Hefegärung nicht völlig unterbrechen kann, Monobromessigsäure aber die Unterbrechung auch in starken Verdünnungen herbeizuführen vermag. Durch vier Ablesungen wurde der Drehungswinkel in einer zwei Dezimeterröhre des Polarisationsapparates beobachtet.

Die Zusammensetzung der Versuche bestand aus folgenden Ansätzen:

10 ccm Glukoselösung
5 ccm Zusätze (Silbernitrat und Sublimat)
10 ccm Hefelösung in Phosphatlösung.

Versuchsserie I (Bäckerhefe).

In den Tabellen 1 — 4 finden wir die Ergebnisse der Versuchsreihen zusammengestellt, die mit Bäckerhefe angestellt wurden. Die Tabellen 1 und 2 zeigen die Ergebnisse der Versuche mit vierstündiger Gärungszeit bei 10% Hefegehalt, die Tabellen 3 und 4 mit 20stündiger Gärungszeit mit 1% Hefegehalt. Als Suspensionsflüssigkeit dienten primäre und sekundäre Phosphatpufferlösungen.

In der Tabelle 1 bemerken wir eine starke Hemmung der Hefegärung in den Konzentrationen von 1.10^{-3} — 1.10^{-4} bei beiden Stoffen. Die Konzentrationen 1.10^{-6} — 1.10^{-8} beider Stoffe sind fast ohne jede Einwirkung auf die Gärung der Bäckerhefe. Erst bei der Verdünnung $3{,}16.10^{-6}$ macht sich eine leichte Schwankung bemerkbar, die dann aber von der Konzentration 1.10^{-5} zu $3{,}16.10^{-5}$ hin einen klaren Sprung macht, der zeigt, daß die

Tabelle 1.

Bäckerhefe, 10% Hefegehalt, primäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	6,92	6,92	100	0
Kontrollversuch	3,83	3,83	0	100
1.10^{-8}	3,81	3,78	101	102
$3{,}16.10^{-8}$	3,82	3,77	100	102
1.10^{-7}	3,84	3,83	100	100
$3{,}16.10^{-7}$	3,85	3,85	99	99
1.10^{-6}	3,81	3,81	99	101
$3{,}16\ 10^{-6}$	4,01	3,91	94	97
1.10^{-5}	4,07	4,11	92	91
$3{,}16.10^{-5}$	4,81	5,22	68	55
1.10^{-4}	6,81	6,77	4	5
$3{,}16.10^{-4}$	6,81	6,85	4	2
1.10^{-3}	6,81	6,84	3	2

Gittigkeit des Silbernitrats und des Sublimats plötzlich sichtbar wird. Bei der Konzentration 1.10^{-5} $Ag^{\cdot}$ bzw. $Hg^{\cdot\cdot}$ beträgt diese Hemmung 8 bzw. 9 %, bei der nächst höheren Konzentration $3{,}16.10^{-5}$ 32 bzw. 45 %. Die Hefegärung ist hier also 4 bzw. 5 mal stärker geschädigt worden als bei der Konzentration 1.10^{-5}. Die Steigerung der Giftigkeit setzt sich zu der nächst stärkeren Konzentration in noch größerem Maße fort. Ein ganz anderes Bild ergibt sich bei der Untersuchung der mit sekundärer Phosphatlösung angesetzten Versuche. (Tabelle 2). Sublimat und Silbernitrat heben die Hefegärung in den drei höchsten Konzentrationen vollständig auf und lösen dann in den Verdünungen von $3{,}16.10^{-5}$ — bis zu den Verdünungen von $3{,}16.10^{-6}$ eine verringerte Hemmungswirkung aus. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Giftigkeit des Silbernitrats stärker ist als die des Sublimats. Silbernitrat verzögert die Gärung der Bäckerhefe ja in weit stärkerem Maße als Sublimat. Ohne jeden Einfluß auf die Gärung der Hefe sind die stärksten Verdünungen beider Salze.

Tabelle 2.

Bäckerhefe, 10% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	Ag·	Hg··	Ag·	Hg··
Direkter Versuch	6,75	6,75	0	0
Kontrollversuch	3,92	3,92	100	100
1.10^{-8}	3,83	3,80	103	104
$3,16.10^{-8}$	3,87	3,86	101	102
1.10^{-7}	3,86	3,83	102	103
$3,16.10^{-7}$	3,84	3,83	103	103
1.10^{-6}	3,90	3,82	100	103
$3,16.10^{-6}$	4,53	3,91	79	100
1.10^{-5}	4,80	4,15	69	91
$3,16.10^{-5}$	5,50	5,20	44	55
1.10^{-4}	6,86	6,72	0	1
$3,16.10^{-4}$	6,86	6,91	0	0
1.10^{-3}	6,88	6,93	0	0

Betrachten wir nun zum Vergleich die Tabellen 3 und 4, die mit geringeren Hefemengen durchgeführt wurden, so verschiebt sich das Wirkungsbild der Gifte. Vor allem können wir aus den Versuchen, die 20 Std. gegoren haben, gegenüber den vierstündigen Versuchen eine klare Steigerung der Giftigkeit beider Stoffe sowohl bei primärer Phosphatlösung wie bei sekundärer Phosphatlösung feststellen. Es sollen zunächst die Versuche mit primärer Phosphatlösung besprochen werden. Diesmal finden wir in den stärksten Konzentrationen von 1.10^{-3} — $3,16.10^{-5}$ die Hefegärung vollständig aufgehoben. Ein starkes Abfallen tritt in der Konzentration 1.10^{-5} gegenüber der nächst größeren Konzentration von $3,16.10^{-5}$ auf. Bei weiteren Verdünnungen wird die Hemmung fast völlig aufgehoben und wird dann in der höchsten Verdünnung ganz wirkungslos. Die Giftigkeit des Silbernitrats ist in den beiden höchsten Konzentrationen am stärksten; die Hefegärung wird hier ganz unterdrückt. In den Konzentrationen $1,10^{-4}$ und $3,16.10^{-5}$ ist die Hemmung auf die Gärung der Bäckerhefe auch noch sehr groß. In der Verdünnung 1.10^{-5} sehen wir

Tabelle 3.

Bäckerhefe, 1% Hefegehalt, primäre Phosphatlösung 20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	7,09	7,09	0	0
Kontrollversuch	4,11	4,11	100	100
1.10^{-8}	4,03	4,09	103	101
$3{,}16.10^{-8}$	4,08	4,11	101	100
1.10^{-7}	4,11	4,15	100	99
$3{,}16.10^{-7}$	4,17	4,23	98	96
1.10^{-6}	4,21	4,38	97	91
$3{,}16.10^{-6}$	4,32	4,41	93	90
1.10^{-5}	5,48	5,72	54	46
$3{,}16.10^{-5}$	7,01	7,08	3	0
1.10^{-4}	7,03	7,10	2	0
$3{,}16.10^{-4}$	7,08	7,11	0	0
1.10^{-3}	7,08	7,11	0	0

wieder den sprunghaften Übergang in der Größe des Zuckerabbaus zu der nächst schwächeren Konzentration von $3{,}16.10^{-6}$, die auf die Hefegärung kaum noch einen Einfluß hat. Aus den Versuchsreihen der Tabelle 4 geht hervor, daß die Giftigkeit des Silbernitrats größer ist als die Giftigkeit des Sublimats, also im umgekehrten Verhältnis zuden mit primärer Phosphatlösung angesetzten Versuchen steht; den während bei der Konzentration des Sublimats von $3{,}16.10^{-5}$ $Hg^{\cdot\cdot}$ die Hemmung auf die Gärung der Bäckerhefe nach 20 stündiger Gärungszeit um 86% gegenüber der Kontrolle gestiegen ist, ist die Gärung bei Silbernitrat in derselben Konzentration schon vollständig aufgehoben, auch in den höheren Verdünnung zeigen sich Abweichungen beider Gifte zueinander. In der Konzentration $1{,}10^{-5}$ ist dies besonders bemerkenswert. $AgNO_3$ hemmt um 83 %, $HgCl_2$ dagegen nur um 20 %. Kleiner sind die Unterschiede bei den Konzentrationen $3{,}16.10^{-6}$ — $3{,}16.10^{-7}$, und von hier ab verlieren beide Gifte ihre Hemmungswirkung.

Tabelle 4.

Bäckerhefe, 1% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuoh	6,91	6,91	0	0
Kontrollversuch	4,23	4,23	100	100
1.10^{-8}	4,11	4,13	104	104
$3{,}16.10^{-8}$	4,25	4,23	99	100
1.10^{-7}	4,24	4,27	100	99
$3{,}16.10^{-7}$	4,26	4,35	99	96
1.10^{-6}	4,72	4,35	81	95
$3{,}16.10^{-6}$	4,90	4,37	75	94
1.10^{-5}	6,46	4,76	17	80
$3{,}16.10^{-5}$	6,89	6,51	0	14
1.10^{-4}	6,91	6,72	0	1
$3{,}16.10^{-4}$	6,91	6,89	0	0
1.10^{-3}	6,91	6,91	0	0

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Giftigkeit des Sublimats größer ist als die des Silbernitrats und zwar in den Versuchen, die mit primärer Phosphatlösung durchgeführt wurden. Umgekehrt ist in den mit sekundärer Phosphatlösung angesetzten Versuche Silbernitrat der giftigere Stoff. Festgestellt wurde ferner, daß bei beiden Versuchen, die eine 20 stündige Gärungszeit durchmachten (1 % Hefegehalt), die Salze $AgNO_3$ und $HgCl_2$ viel früher ihre hemmende Wirkung auf die Gärung der Bäckerhefe zeigten. Dies dürfte darin begründet sein, daß ein Teil des Giftes durch die Hefe zu unwirksamen Verbindungen gebunden wird.

Versuchsserie II (Germania-Hefe).

Die zweiten Versuche wurden mit Germania-Bierhefe durchgeführt und sind in den Tabellen 5—8 zusammengestellt. Auch diesmal dienten als Suspensionsflüssigkeiten primäre und sekundäre Phosphatlösung. Die Gärungszeit betrug wieder 4 Stunden bei 10 % Hefegehalt und 20 Stunden. In der Tabelle 5 zeigen beide Gifte in ihrer stärksten Konzentration von 1.10^{-3} ihre größte hemmende Wirkung auf die Gärung der Germania-Bierhefe. Wenig Unterschiede dazu bieten die Verdünnungen $3{,}16.10^{-4}$ — 1.10^{-4}. Die Gärung ist hier fast vollkommen aufgehoben. Beim Übergang zu der Verdünnung $3{,}16.10^{-5}$ läßt die Hemmung sprunghaft nach und beträgt 77 — 81 %. 1.10^{-5} hemmt nur noch geringfügig (8 — 13 %). Verdünnen wir nun noch weiter, so wird das Wirkungsbild anders. Silbernitrat verliert seine Wirkung auf die Hefegärung schon bei der Konzentration von $3{,}16.10^{-7}$ bis zur größten Verdünnung, während Sublimat erst bei der Konzentration

Tabelle 5.

Germaniahefe, 10% Hefegehalt, primäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	7,10	7,10	0	0
Kontrollversuch	4,50	4,55	100	100
1.10^{-8}	4,35	4,47	105	101
$3{,}16.10^{-8}$	4,40	4,53	104	99
1.10^{-7}	4,43	4,61	103	96
$3{,}16.10^{-7}$	4,51	4,66	100	94
1.10^{-6}	4,52	4,71	99	92
$3{,}16.10^{-6}$	4,66	4,74	94	91
1.10^{-5}	4,71	4,85	92	87
$3{,}16.10^{-5}$	6,50	6,59	23	19
1.10^{-4}	6,97	6,95	5	6
$3{,}16.10^{-4}$	7,06	7,06	2	2
1.10^{-3}	7,07	7,07	1	0

Tabelle 6.

Germaniahefe, 10% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	6,81	6,81	0	0
Kontrollversuch	4,48	4,48	100	100
1.10^{-8}	4,34	4,31	106	107
$3,16.10^{-8}$	4,38	4,31	104	107
1.10^{-7}	4,38	4,40	104	103
$3,16.10^{-7}$	4,51	4,44	99	101
1.10^{-6}	4,52	4,45	98	101
$3,16.10^{-6}$	4,67	4,52	92	98
1.10^{-5}	4,74	4,62	89	94
$3,16.10^{-5}$	5,42	5,54	60	55
1.10^{-4}	6,81	6,74	0	3
$3,16.10^{-4}$	6,95	6,78	0	2
1.10^{-3}	6,96	6,82	0	0

von $3,16.10^{-8}$ wirkungslos wird. Weniger regelmäßig verlaufen die Versuche, die mit sekundärer Phosphatlösung durchgeführt wurden (Tabelle 6). In den höchsten Konzentrationen 1.10^{-3} — 1.10^{-4} haben beide Gifte die gleiche die Gärung aufhebende Wirkung. Plötzlich springen beide Salze bei der Verdünnung von 1.10^{-4} auf $3,16.10^{-5}$ gewaltig in ihrer hemmenden Wirkung zurück; $AgNO_3$ hemmt nur noch um 40 %, $HgCl_2$ um 45 %. In den folgenden Konzentrationen ist die Wirkung der Salze fast aufgehoben.

Recht eindrucksvoll ist wieder die Steigerung der Giftigkeit beider Stoffe in den Versuchen zu beobachten, die nach 20 stündiger Gärungszeit unterbrochen wurden. (Hefegehalt betrug 1 %). Beide Gifte, Sublimat wie Silbernitrat, heben die Hefegärung in den Verdünnungen von 1.10^{-3} — 1.10^{-5} völlig auf. Während dann Silbernitrat bei der nächst niedrigen Konzentration noch stark wirksam ist, verliert Sublimat seinen hemmenden

Tabelle 7.

Germania-Hefe, 1% Hefegehalt, primäre Phosphatiösung 20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	7,08	7,08	0	0
Kontrollversuch	4,12	4,12	100	100
1.10^{-8}	4,07	4,07	101	101
$3,16.10^{-8}$	4,17	4,17	98	98
1.10^{-7}	4,18	4,21	98	97
$3,16.10^{-7}$	4,25	4,22	96	97
1.10^{-6}	4,26	4,24	95	96
$3,16.10^{-6}$	4,28	4,25	95	97
1.10^{-5}	7,00	4,54	3	86
$3,16.10^{-5}$	7,08	7,05	0	1
1.10^{-4}	7,08	7,07	0	0
$3,16.10^{-4}$	7,08	7,09	0	0
1.10^{-3}	7,08	7,09	0	0

Einfluß fast ganz. Die Hemmung beträgt 14 %. In den höheren Verdünnungen sind beide Stoffe wirkungslos. Silbernitrat und Sublimat heben in den Versuchen mit sekundärer Phosphatlösung in den Konzentrationen 1.10^{-3} — $3,16.10^{-4}$ die Gärung der Bierhefe vollkommen auf (Tabelle 8). Silbernitrat läßt bis zur Konzentration 1.10^{-5} eine geringe Gärungsmöglichkeit zu, dagegen ist dieser stark hemmende Einfluß bei Sublimat nur bis zur Konzentration von $3,16.10^{-5}$ zu bemerken. Bei der Konzentration 1.10^{-5} fällt der starke Unterschied zwischen Sublimat und Silbernitrat aus, der darin besteht, daß die Gärung bei Silbernitrat um über 90 % verzogert wird, bei Sublimat aber nur um über 10 %. In den beiden nächst höhereu Verdünnungen zeigen beide Gifte ungefähr den gleichen gering hemmenden Einfluß auf die Gärung der Hefe, und verlieren schließlich von der Konzentration $3,16.10^{-7}$ bis zur größten Verdünnung ihre Hemmung vollkommen.

Versuchen wir nun einen Vergleich zwischen den Versuchen der Germania-Bierhefe zu ziehen, wobei die vierstündige bzw.

Tabelle 8.

Germania-Hefe, 1% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	6,94	6,94	0	0
Kontrollversuch	4,66	4,66	100	100
1.10^{-8}	4,61	4,61	102	102
$3{,}16.10^{-8}$	4,62	4,62	102	102
1.10^{-7}	4,63	4,62	101	102
$3{,}16.10^{-7}$	4,64	4,63	101	101
1.10^{-6}	4,69	4,76	99	96
$3{,}16.10^{-6}$	4,73	4,80	92	94
1.10^{-5}	6,86	4,97	4	87
$3{,}16.10^{-5}$	6,87	6,79	3	7
1.10^{-4}	6,90	6,86	1	4
$3{,}16.10^{-4}$	6,91	6,90	1	1
1.10^{-3}	6,03	6,92	0	0

20 stündige Gärungszeit zu betrachten ist, so müssen wir feststellen, daß die Salze, die eine 20 stündige Gärungszeit bei 1 % Hefegehalt durchliefen, eine weit größere hemmende Wirkung auf die Hefegärung entwickeln konnten als die Salze, denen nur 4 Stunden bei 10 % Hefegehalt zur Verfügung standen. Dies tritt besonders in den Versuchsreihen, die mit primärer Phosphatlösung angesetzt wurden, deutlich zutage. In diesen 4 Versuchen mit Germania-Bierhefe zeigt sich ein großer Gegensatz zu den Versuchen mit Bäckerhefe, der darin besteht, daß hier in allen Versuchen die Giftigkeit des Silbernitrats größer ist als die des Sublimats.

Versuchsserie III. (Westfalia-Bierhefe).

Die dritte Versuchsserie, die mit Westfalia-Bierhefe angestellt wurde, findet in den Tabellen 9—12 eine übersichtliche Zusammenstellung. Auch hier wurden dieselben Suspensionsflüssigkeiten und dieselben Gärungszeiten wie in den beiden ersten Versuchsreihen benutzt.

Tabelle 9.

Westfalia-Hefe, 10% Hefegehalt, primäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	7,18	7,18	0	0
Kontrollversucn	4,08	4,08	100	100
1.10^{-8}	4,08	4,16	100	97
$3,16.10^{-8}$	4,14	4,20	98	96
1.10^{-7}	4,24	4,26	95	95
$3,16.10^{-7}$	4,24	4,29	95	93
1.10^{-6}	4,31	4,36	92	91
$3,16.10^{-6}$	4,27	4,41	94	89
1.10^{-5}	4,41	4,57	89	84
$3,16.10^{-5}$	6,56	6,72	20	15
1.10^{-4}	7,01	6,97	6	7
$3,16.10^{-4}$	7,09	7,13	3	2
1.10^{-3}	7,10	7,16	3	0

Aus Tabelle 9 ersehen wir, daß Silbernitrat die Hefegärung in keiner Weise vollkommen unterdrückt. Wohl finden wir größere Hemmungen von 90 % in den Konzentrationen 1.10^{-3} — 1.10^{-4} bei beiden Giften. Sublimat unterdrückt die Gärung in seiner stärksten Konzentration sogar ganz. Einen deutlichen Unterschied zeigen beide Gifte beim Übergang von der Konzentration von 1.10^{-4} zu der Konzentration $3,16.10^{-5}$ und von letzterer zu nächst höheren Verdünnung. Von der Konzentration 1.10^{-6} bis zur größten Verdünnug nimmt die Giftigkeit beider Salze ständig ab. Wir

Tabelle 10.

Westfalia-Bierhefe, 10% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 4 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
DIrekter Versuch	7,16	7,16	0	0
Kontrollversuch	4,12	4,12	100	100
1.10^{-8}	4,08	4,10	101	101
$3{,}16.10^{-8}$	4,08	4,12	101	100
1.10^{-7}	4,10	4,13	101	100
$3{,}16.10^{-7}$	4,11	4,21	100	97
1.10^{-6}	4,15	4,30	99	95
$3{,}16.10^{-6}$	4,32	4,33	94	93
1.10^{-5}	5,76	4,41	46	91
$3{,}16.10^{-5}$	6,72	5,11	11	64
1.10^{-4}	6,93	6,69	8	16
$3{,}16.10^{-4}$	7,06	7,09	3	2
1.10^{-3}	7,12	7,12	1	1

können hier wohl kaum von einem großen Unterschied in der Giftwirkung der beiden Salze sprechen, da sie beide fast die gleiche steigende und fallende Hemmungskurve aufweisen. Weit größere Differenzen finden wir in den Versuchen, die mit sekundärer Phosphatlösung angesetzt wurden (Tabelle 10). In den stärksten Konzentrationen 1.10^{-3} und $3{,}16.10^{-4}$ bestehen noch keine Unterschiede, die auf eine stärkere Giftigkeit schließen lassen, beide heben die Hefegärung vollkommen auf. Bei der Konzentration 1.10^{-4} $Ag^{\cdot}$ bzw. $Hg^{\cdot\cdot}$ beträgt die Hemmung 92 % bzw. 84, bei der nächst höheren Verdünnung $3{,}16.10^{-5}$ 81 % bzw. 36 %. Verdünnt man noch weiter, so beträgt die Hemmung bei $AgNO_3$ 54 % und $HgCl_2$ 8 %. Silbernitrat ist somit in diesen Konzentrationen der giftigere Stoff. Beide Gifte nehmen dann allmählich in ihrer hemmenden Wirkung auf die Hefegärung ganz ab und werden in den höchsten Verdünnungen wirkungslos.

Tabelle 11.

Westfalia-Hefe, 1% Hefegehalt, primäre Phosphatlösung
20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	Ag·	Hg··	Ag·	Hg··
Direkter Versuch	6,94	6,94	0	0
Kontrollversuch	3,43	3,43	100	100
1.10^{-8}	3,33	3,31	103	103
$3,16.10^{-8}$	3,41	3,40	100	101
1.10^{-7}	3,48	3,45	99	99
$3,16.10^{-7}$	3,50	3,50	98	98
1.10^{-6}	3,52	3,52	97	97
$3,16.10^{-6}$	3,60	3,58	95	96
1.10^{-5}	6,76	4,55	5	68
$3,16.10^{-5}$	6,89	6,71	1	7
1.10^{-4}	6,91	6,90	0	1
$3,16.10^{-4}$	6,92	6,91	0	0
1.10^{-3}	6,94	6,96	0	0

Den Beweis der größeren Giftigkeit des Silbernitrats und Sublimats bei 20 stündiger Gärungsdauer und 1 % Hefegehalt finden wir in den Tabellen 11 und 12 bestätigt; denn auch hier sehen wir wieder, daß sich der hemmende Einfluß auf die Hefegärung in höheren Konzentrationen bemerkbar macht als in den Versuchen, deren Gärung nach vier Stunden mit Bleiacetatlösung unterbrochen wurde. Silbernitrat unterdrückt die Hefegärung in den vier stärksten Konzentrationen. Die Konzentration 1.10^{-5} zeigt ebenfalls eine sehr starke Hemmung (95 %). Bei weiterer Verdünnung schlägt die hemmende Wirkung plötzlich in Wirkungslosigkeit um. Bis zur höchsten Verdünnung bleibt dann die Wirkungslosigkeit bestehen. Ein anderes Bild erblicken wir beim Verhalten des Sublimats. Zwar sehen wir auch in den drei stärksten Konzentrationen eine Aufhebung der Gärung, aber es macht sich von der Konzentration $3,16.10^{-5}$ zur Konzentration 1.10^{-5} doch ein Unterschied zum Silbernitrat bemerkbar. Und zwar beträgt bei der Verdünnung von 1.10^{-5} der hemmende Einfluß von Sublimat 32 %, beim Silbernitrat 95 %, also ist das

Silbernitrat bei der Konzentration 1.10^{-5} ungefähr 12mal so giftig wie das Sublimat. In der letzten Tabelle steigert sich der hemmende Einfluß bei Silbernitrat bis zur Verdünnung $3{,}16.10^{-6}$ und erreicht somit sein größtes Ausmaß in der Giftigkeit. In den Verdünnungen 1.10^{-3} — 1.10^{-4} finden wir bei beiden Giften dieselbe hemmende Wirkung auf die Gärung der Westfalia-Bierhefe, die sich bei $AgNO_3$ bis zur Konzentration $1{,}10^{-5}$ fortsetzt. Während wir bei der letzten Konzentration eine sehr starke Giftigkeit beobachten konnten, sehen wir in der Konzentration $3{,}16.10^{-6}$, daß das Silbersalz nur noch um 33 % hemmt und bei 1.10^{-6} wirkungslos ist. Im Gegensatz zu Silbernitrat, daß bei der Konzentration $3{,}16.10^{-5}$ die Hefegärung noch vollkommen unterdrückt, läßt Sublimat die Hefegärung nur auf rund die Hälfte heruntergehen. Noch größer ist der Unterschied in der Konzentration 1.10^{-5}. Bei $Ag\,NO_3$ beträgt die Hemmung auf die Hefegärung noch 95 %, bei Sublimat aber nur 14 %. Bei der Konzentratrion $3{,}16.10^{-6}$ hemmt Silbernitrat noch 33 %, Sublimat ist aber schon ganz wirkungslos geworden. Von der Konzentration 1.10^{-6} ab sind die Werte bei beiden Salzen gleich.

Tabelle 12.

Westfalia-Hefe, 1% Hefegehalt, sekundäre Phosphatlösung 20 Stunden.

Konzentration	Drehung = 0		Glukoseabbau: % des Kontrollversuchs	
	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$	$Ag^{\cdot}$	$Hg^{\cdot\cdot}$
Direkter Versuch	6,94	6,93	0	0
Kontrollversuch	3,31	3,31	100	100
1.10^{-8}	3,28	3,32	101	100
$3{,}16.10^{-8}$	3,31	3,33	100	99
1.10^{-7}	3,36	3,36	99	99
$3{,}16.10^{-7}$	3,41	3,41	97	97
1.10^{-6}	3,43	3,49	97	95
$3{,}16.10^{-6}$	4,50	3,50	67	95
1.10^{-5}	6,76	3,81	5	86
$3{,}16.10^{-5}$	6,89	5,32	1	45
1.10^{-4}	6,89	6,75	1	5
$3{,}16.10^{-4}$	6,91	6,90	0	1
1.10^{-3}	6,92	6,92	0	0

Zusammenfassung.

Untersucht wurde der Einfluß von Sublimat und Silbernitrat auf die Vergärung von Glukose durch Bäckerhefe und verschiedenen Bierhefen. Silbersalze und Quecksilbersalze unterdrücken in höheren Konzentrationen die Vergärung von Zucker durch Hefe. Die Wirkung der Salze ist abhängig von dem Gehalt der Versuchsansätze der Hefen und dem Säuregrad des Gäransatzes. Silbersalze sind wirksamer als Quecksilbersalze. Bereits 1.10^{-5} $Ag^{\cdot}$ hebt die Gärung der Bierhefen fast vollkommen auf, während die Gärung der Bäckerhefe in sauerer Lösung nur auf die Hälfte und in alkalischer Lösung nur auf $^1/_6$ herabgesetzt wird. Quecksilbersalze verringern den Zuckerabbau bei der gleichen Konzentration in alkalischer Lösung nur um 10 — 20 %, in saurer Lösung aber bei Bäckerhefe um über 50 % und bei Westfalia-Bierhefe um über 30 %, während die Giftwirkung des Sublimats auf die Germania-Hefe in saurer und alkalischer Lösung gleich ist, (14 — 13 %). Diese Ergebnisse gelten nur für einen Gehalt der Gäransätze an 1 % Hefe. Bei einem höheren Hefegehalt (10 %) sinkt die Giftwirkung der Schwermetalle ab, stärker für Silbersalze, erheblich schwächer bei Quecksilbersalzen.

Eine Umkehr der Wirkung durch geringe Konzentrationen der Schwermetallsalze im Sinne der Arndt-Schulz'schen Regel ließ sich in unseren Versuchen nicht nachweisen.

Lebenslauf.

Am 14. Oktober 1911 wurde ich als Sohn des Dentisten Gustav Mäder und seiner Frau, Luise geb. Halemeier, in Herford i. Westf. geboren. Nach Beendigung der Volksschulzeit besuchte ich das Friedrich - Gymnasium in Herford, wo ich Ostern 1931 die Reifeprüfung bestand. In Marburg und Münster studierte ich Zahnmedizin. Am 26. November 1935 bestand ich die zahnärztliche Prüfung vor dem Prüfungsausschuß in Münster / Westf. mit dem Urteil sehr gut.